

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01B 11/06, G01N 21/21, C30B 25/16		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/66286
			(43) Date de publication internationale: 23 décembre 1999 (23.12.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01394		(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Date de dépôt international: 11 juin 1999 (11.06.99)			
(30) Données relatives à la priorité: 98/07594 16 juin 1998 (16.06.98) FR			
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).			
(72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): DREVILLON, Bernard [FR/FR]; 15, cité de la Pépinière, F-92140 Clamart (FR).			
(74) Mandataire: MICHELET, Alain; Cabinet Harlé & Phélip, 7, rue de Madrid, F-75008 Paris (FR).			

Publiée

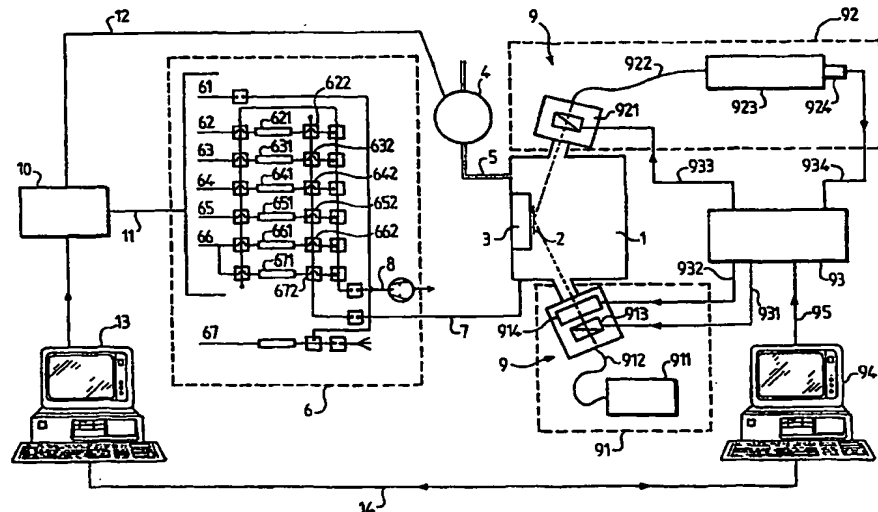
Avec rapport de recherche internationale.
Avec revendications modifiées et déclaration.

(54) Title: ELLIPSOMETRIC METHOD AND CONTROL DEVICE FOR MAKING A THIN-LAYERED COMPONENT

(54) Titre: PROCEDE ELLIPSOMETRIQUE ET DISPOSITIF DE COMMANDE DE LA FABRICATION D'UN COMPOSANT EN COUCHE MINCE

(57) Abstract

The invention concerns a method for controlling the production of an object controlled by a gas panel, which consists in performing an ellipsometric measurement on the object represented by its Mueller matrix; controlling, by means of a gas panel, the manufacture on the basis of the ellipsometric measurement. The invention is characterised in that it consists in determining beforehand certain parameters of the Mueller matrix, for characterising the manufacture, and only said parameters are extracted from the ellipsometric measurement during manufacture, said parameters being two different parameters of the ellipsometric angles ψ and Δ and trigonometric functions thereof. The invention also concerns an installation for manufacturing an object controlled by a gas panel comprising an ellipsometre for producing a measurement on the object which is represented by its Mueller matrix.



(57) Abrégé

La présente invention concerne un procédé de commande de la fabrication d'un objet contrôlée par un panneau de gaz, dans lequel on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller; on commande, à l'aide du panneau de gaz, la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique. Selon l'invention, on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller, adaptés à la caractérisation de la fabrication, et que seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication, lesdits paramètres étant deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de celle-ci. La présente invention concerne également une installation de fabrication d'un objet contrôlée par un panneau de gaz comportant un ellipsomètre permettant la réalisation d'une mesure sur l'objet qui est représenté par sa matrice de Mueller.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ELLIPSOMETRIQUE ET DISPOSITIF DE COMMANDE DE LA FABRICATION D'UN COMPOSANT EN COUCHE MINCE

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de commande de la fabrication d'un composant en couche mince. Cette fabrication est
5 préférentiellement faite à partir d'une dissociation de gaz.

On connaît de tels procédés et dispositifs qui sont utilisés en particulier pour la fabrication des composants semi-conducteurs. De nombreux composants semi-conducteurs impliquent le dépôt, sur un substrat, de couches, souvent nombreuses, dont la composition et l'épaisseur sont essentielles pour assurer la
10 qualité des produits fabriqués.

On a déjà proposé et mis en œuvre des procédés de contrôle, en temps réel, au cours de leur fabrication, de ces couches par ellipsométrie. Jusqu'à présent, les mesures ellipsométriques mises en œuvre font appel à l'ellipsométrie simplifiée, encore appelée classique, visent à mesurer les
15 « paramètres ψ et Δ » caractéristiques de l'échantillon. La surface de l'objet constitue un système, il est éclairé par un faisceau lumineux qui est réfléchi et l'état de polarisation du faisceau réfléchi (éventuellement transmis) est comparé à celui du faisceau incident. La variation du vecteur de polarisation est décrite à partir des coefficients de réflexion R_s et R_p , respectivement perpendiculaires et
20 parallèles au plan d'incidence (R_s et R_p sont des amplitudes complexes).

Le système est alors généralement caractérisé par les angles ψ et Δ qui sont reliés aux rapports (R_p/R_s) par la relation

$$\operatorname{tg} \Psi \cdot \exp (i \Delta) = (R_p / R_s)$$

25

Ces méthodes ellipsométriques classiques ont été régulièrement améliorées. On peut, en particulier, se référer au brevet européen EP-0.663.590 qui a pour objet un ellipsomètre spectroscopique modulé. Elles donnent satisfaction lors de mesures sur des couches isotropes présentant des
30 interfaces planes.

Toutefois, dans de nombreux cas, il s'est avéré que ces mesures sont insuffisantes pour caractériser un procédé de fabrication. En particulier, quand le système est anisotrope, on peut constater des couplages entre les modes de polarisation.

Cela provient de ce que, la matrice de Jones représentant les paramètres pris en compte généralement en ellipsométrie classique étant de la forme :

$$\begin{bmatrix} R_p & R_{ps} \\ R_{sp} & R_s \end{bmatrix}$$

5

R_{ps} R_{sp} sont nuls lorsque le système est isotrope et l'un d'eux au moins ne l'est pas lorsqu'il est anisotrope. Dès lors, un système anisotrope est insuffisamment caractérisé par le rapport R_p/R_s .

10 On connaît plus généralement l'ellipsométrie de Mueller, qui part de la constatation que l'état polarimétrique d'un flux lumineux est complètement

représenté par un vecteur de dimension 4 appelé vecteur de Stokes $\begin{bmatrix} I \\ u \\ v \\ w \end{bmatrix}$ et que

des modifications, introduites par un système, sont représentées par une matrice, dite matrice de Mueller, de dimension 4 x 4 ayant donc 16 coefficients.

15 Des procédés et appareils visant à la mesure des 16 coefficients de la matrice de Mueller permettent la caractérisation d'un système de manière générale. Toutefois, on comprend aisément que l'extraction de 16 paramètres lors de mesures ellipsométriques implique le recours à des dispositifs sophistiqués et à un traitement lourd des données, ce qui implique des dispositifs coûteux et des traitements souvent relativement lents. Jusqu'à
20 présent, ces appareils, trop lents et trop lourds n'ont pas pu être utilisés pour le contrôle, en temps réel, de procédés de fabrication ou d'élaboration.

La matrice de Mueller étant représentée de manière générale de la façon suivante :

$$M = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

25

Il est connu que cette matrice dans le cadre d'un système simple, isotrope, se présente de la façon suivante (à une constante multiplicative près):

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -N & 0 & 0 \\ -N & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & S \\ 0 & 0 & -S & C \end{bmatrix}$$

5

où $N = \cos(2\psi)$, $S = \sin(2\psi) \sin \Delta$ et $C = \sin(2\psi) \cos \Delta$.

De même, dans le cas d'un système anisotrope non dépolarisant, il est également possible d'extraire les paramètres de la matrice de Jones à partir de ceux de la matrice de Mueller.

10

Un système non dépolarisant est un système qui ne modifie pas le taux de

polarisation $p = 1$ qui est défini pour un vecteur de Stokes $\begin{bmatrix} I \\ u \\ v \\ w \end{bmatrix}$ par

$$p = \frac{\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}}{I}$$

15

Un lien est ainsi établi entre les paramètres ψ et Δ utilisés dans la première catégorie de mesures ellipsométriques simplifiées présentées plus haut et les paramètres de la matrice de Mueller présentés dans cette deuxième catégorie de méthode de mesures.

20

L'utilisation de la mesure cinétique des angles ellipsométriques ψ et Δ pour contrôler en temps réel un procédé d'élaboration est connue et par exemple décrite dans les brevets américains 5.277.747 du 11/01/94 et 5.131.752 du 21/07/92. Toutefois, cette méthode ne peut être utilisée en dehors du champ d'application de l'ellipsométrie conventionnelle qui est définie par l'absence de phénomènes de dépolarisation ou d'anisotropie au niveau de l'objet mesuré ou

25

contrôlé. En particulier, il a été constaté que certains systèmes ne permettent pas la réalisation de mesures ellipsométriques significatives simplifiées, telles que

celles correspondant à des systèmes isotropes présentant des interfaces planes, caractérisés simplement par les paramètres ψ et Δ .

Or, beaucoup de procédés d'élaboration de couches minces rendent inévitable la prise en compte de phénomènes de dépolarisation de la lumière, par exemple le dépôt de structures optiques sur des substrats transparents épais (verre, polymères) induisant des pertes de cohérence. Les circuits micro-électroniques actuels présentent systématiquement des motifs anisotropes à l'échelle submicronique et induisent des phénomènes de diffraction (comparables à un réseau) et de dépolarisation (rugosités de surface de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde).

L'extension des méthodes ellipsométriques conventionnelles au contrôle des procédés de gravure en micro-électronique a été tentée, de manière essentiellement empirique, sans tenir compte des phénomènes de diffraction et de dépolarisation (brevet européen 0.653.621 A1 ; S. Vallon et al., J. Vac. Sci. Technol. A 15, 1997, p. 865 ; H. L. MAYNARD et al., J. Vac. Sci. Technol. B 15, 1997, p. 109). De telles méthodes, même si elles peuvent apparaître satisfaisantes dans des cas très particuliers, ne peuvent en aucun cas être généralisées. D'ailleurs, elles visent souvent à identifier une fin d'attaque au moyen d'une variation brutale des angles ellipsométriques (liée à l'apparition d'une couche sous-jacente). De telles signatures ne peuvent être généralisées à d'autres procédés de gravure. En particulier, de telles méthodes empiriques ne sont pas utilisables dans le cas de procédés de gravure homogène qui ne donnent pas lieu à l'apparition de couches sous-jacentes. C'est par exemple le cas lors de la constitution de tranchées d'isolation entre transistors.

Le but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de commande de fabrication d'un composant en couche mince applicable dans des situations où les mesures ellipsométriques classiques ne sont pas possibles.

L'invention concerne donc un procédé et un dispositif de commande de la fabrication d'un composant en couche mince dans lequel :

- on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller,
- on contrôle en temps réel la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique.

Selon l'invention, on détermine préalablement certains paramètres au moins, liés à la matrice de Mueller, adaptés à la caractérisation de la fabrication,

et seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique. Ces paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.

5 En effet, il a été imaginé et vérifié que même lorsque l'ellipsométrie classique n'est pas applicable car les mesures des angles ψ et Δ conduisent à des imprécisions et ne permettent pas le contrôle d'un procédé de commande de la fabrication d'un objet particulier, il reste possible de déterminer certains paramètres liés à la matrice de Mueller, utilisables pour la caractérisation de la
10 fabrication.

A cet effet, selon l'invention, on peut utiliser l'ensemble des paramètres de la matrice de Mueller, pour contrôler la fabrication.

Dans d'autres cas, on étudiera tout d'abord le procédé de fabrication en mesurant l'ensemble des paramètres de la matrice de Mueller à l'aide d'un
15 ellipsomètre de Mueller. L'examen des résultats ainsi obtenus permet d'extraire certains paramètres de cette matrice qui peuvent être soit directement des coefficients de celle-ci, soit des combinaisons de ces coefficients qui sont adaptées à la caractérisation de la fabrication, sont en nombre inférieur aux coefficients de la matrice elle-même, et sont plus facilement accessibles que
20 l'ensemble de ces coefficients de la matrice de Mueller. Une fois, ces paramètres déterminés, eux seuls sont alors utilisés pour la caractérisation de la fabrication dans son utilisation courante.

La détermination de ces paramètres peut également résulter du savoir-faire des opérateurs, sans qu'il leur soit nécessaire de recourir à une mesure
25 préalable de l'ensemble des coefficients de la matrice de Mueller.

Dans différents modes de réalisation préférés, le procédé de l'invention présente les caractéristiques suivantes ayant chacune leurs avantages particuliers et susceptibles d'être utilisées selon de nombreuses combinaisons techniquement possibles:

- 30 - on fait la fabrication par dissociation de gaz et on la contrôle par un panneau de gaz;
 - l'objet est anisotrope et/ou dépolarisant;
 - les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des lignes de la matrice de Mueller ;

- les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des colonnes de la matrice de Mueller ;

- l'objet fabriqué est un composant semi-conducteur ;

- on contrôle le dépôt d'une couche ;

5 - on contrôle la gravure d'une couche ;

- on contrôle la composition de la couche ;

- on contrôle l'épaisseur de la couche ;

- le panneau de gaz alimente un réacteur à plasma ;

- le panneau de gaz contrôle des débits de gaz ;

10 - les gaz dont les débits sont contrôlés, font partie de l'ensemble constitué par l'azote N_2 , l'ammoniaque NH_3 , l'hydrogène H_2 , le méthane CH_4 , l'hélium He , le silane SiH_4 , l'oxygène O_2 , l'oxyde d'azote N_2O .

L'invention concerne également une installation permettant la mise en œuvre de ces différents procédés.

15 De préférence, cette installation comporte :

- un modulateur couplé en entrée et/ou

- un polarimètre en sortie.

L'invention sera décrite ci-après plus en détail, en référence aux dessins dans lesquels :

20 - la Figure 1 est une représentation simplifiée d'une installation de fabrication mettant en œuvre l'invention. Elle comprend un réacteur à plasma, un système d'injection de gaz et un ellipsomètre à modulation de phase ;

- la Figure 2 schématise un bras d'entrée utilisable dans certains modes de réalisation de l'invention ;

25 - la Figure 3 montre la concrétisation d'un bras d'entrée de la Figure 2 ;

- la Figure 4 représente un bras de sortie utilisable dans certains modes de réalisation de l'invention.

Dans un premier mode de réalisation de l'invention, on considère le contrôle sur un système anisotrope n'introduisant pas de dépolarisation.

30 L'effet de l'échantillon est alors représenté par une matrice de Jones de la forme :

$$\begin{bmatrix} R_p & R_{ps} \\ R_{sp} & R_s \end{bmatrix}$$

L'ellipsométrie à modulation de phase classique peut alors être mise en œuvre. On sait que l'intensité mesurée, en présence d'un modulateur (généralement photoélastique) produisant un déphasage $\delta(t)$ est :

$$5 \quad I = I_0 + I_c \cos \delta(t) + I_s \sin \delta(t)$$

avec $\delta(t) = a \sin \omega t$ au 1^{er} ordre

et que

10

$$\frac{R_p}{R_s} = \tan \Psi e^{i\Delta}, \frac{R_{sp}}{R_s} = \tan \Psi' e^{i\Delta'}, \frac{R_{ps}}{R_s} = \tan \Psi'' e^{i\Delta''}$$

on obtient alors :

$$15 \quad \text{avec } A = 90^\circ, M_0 = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} I_0 &= 1 + \tan^2 \Psi'' \\ I_c &= 2 \tan \Psi'' \cos \Delta'' \\ I_s &= 2 \tan \Psi'' \sin \Delta'' \end{aligned}$$

$$20 \quad \text{avec } A = 90^\circ, M_0 = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} I_0 &= 1 + \tan^2 \Psi'' \\ I_c &= -2 \tan \Psi'' \cos \Delta'' \\ I_s &= -2 \tan \Psi'' \sin \Delta'' \end{aligned}$$

$$25 \quad \text{avec } A = 0^\circ, M_0 = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \tan^2 \Psi + \tan^2 \Psi' \\ I_c &= 2 \tan \Psi' \tan \Psi \cos \Delta' \\ I_s &= 2 \tan \Psi' \tan \Psi \sin \Delta' \end{aligned}$$

$$30 \quad \text{avec } A = 0^\circ, M_0 = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \tan^2 \Psi + \tan^2 \Psi' \\ I_c &= -2 \tan \Psi' \tan \Psi \cos \Delta' \\ I_s &= -2 \tan \Psi' \tan \Psi \sin \Delta' \end{aligned}$$

A et Mo représentent respectivement les orientations de l'analyseur et du modulateur par rapport au plan d'incidence.

Ces coefficients peuvent être mesurés à une longueur d'onde fixe ou à plusieurs. Le contrôle s'effectue en temps réel en comparant les trajectoires des paramètres ou combinaison de paramètres mesurés à des valeurs de consigne
5 préalablement enregistrées ou simulées à l'aide de modèles théoriques.

Dans ce premier mode de réalisation, la mesure du système peut être effectuée à partir d'un ellipsomètre à modulation de phase représenté sur la Figure 1. Il comprend un modulateur de phase (bras d'entrée) et un polariseur
10 (bras de sortie). On propose, alors, de contrôler en temps réel un procédé d'élaboration de couches minces (dépôt ou gravure) à partir de la mesure cinétique de composants de la matrice de Mueller du système, ou de combinaisons ou fonctions de ces éléments. Il permet également de caractériser un milieu anisotrope non-dépolarisant selon la méthode décrite plus haut.

15 Dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, on considère le contrôle sur un système dépolarisant. La représentation du système par une matrice de Jones est alors insuffisante et il faut recourir à la matrice de Mueller.

Dans la mise en œuvre du deuxième mode de réalisation, à la différence d'un ellipsomètre à modulation de phase « conventionnel » comprenant un
20 modulateur de phase simple en entrée et un analyseur en sortie, l'ellipsomètre comporte un générateur d'état de polarisation en entrée et/ou un polarimètre en sortie.

Le bras d'entrée de l'ellipsomètre est schématisé sur la Figure 2. Il comprend un polariseur linéaire 120 et un modulateur couplé 106 comportant
25 deux modulateurs de phase 121 et 122 et un système de couplage 123 du type polariseur partiel et déphaseur. Les deux modulateurs de phase 121 et 122 ont une même orientation et le système de couplage 123 est interposé entre eux et transmet le faisceau incident 110 du premier modulateur de phase 121 vers le second modulateur de phase 122.

30 Préférentiellement, les orientations des différents éléments sont les suivants. Le faisceau incident 110 ayant une direction et un sens de propagation et un plan incident étant défini à partir de cette direction de propagation et de l'échantillon 2, on forme un repère comportant un premier axe x perpendiculaire à la direction de propagation et dans le plan d'incidence, un deuxième axe y
35 perpendiculaire au plan d'incidence et un troisième axe parallèle à la direction

de propagation et orienté dans le même sens, ce repère étant direct. Le polariseur 120 est alors un polariseur parfait orienté selon l'axe y. Les deux modulateurs de phase 121 et 122 sont identiques et orientés dans le plan x-y selon des directions formant respectivement avec l'axe y, des angles α_1 et α_2 .

- 5 Les angles α_1 et α_2 sont avantageusement identiques et préférentiellement égaux à $\pi/4$. Le système de couplage 123 est orienté selon l'axe x.

En fonctionnement, le faisceau incident 110 est polarisé linéairement par le polariseur 120, puis subit une double modulation couplée du fait des modulateurs de phase 121, 122 et du système de couplage 123. Le système de
10 couplage 123 assure deux fonctions : une polarisation partielle (polariseur imparfait) et un déphasage, qui modulent les quatre composantes du vecteur de Stokes S.

Selon une réalisation particulière de ce bras d'entrée, représentée sur la Figure 3, un polariseur 120 tel que celui commercialisé sous le nom de
15 « polariseur de Glan Thomson » polarisant linéairement le faisceau incident 110 et un modulateur couplé 106 comportant un unique modulateur de phase 121 et un système de couplage 161 du type polariseur partiel et déphaseur fonctionnant en réflexion. Le modulateur de phase 121 est interposé entre le polariseur 120 et le système de couplage 161, de telle sorte qu'il produit une première modulation
20 du faisceau incident 110 polarisé et l'envoie vers le système de couplage 161, ce dernier renvoyant le faisceau incident 110 vers le modulateur de phase 121 qui produit une seconde modulation. Le modulateur couplé 106 comprend également un miroir 162 disposé entre le polariseur 120 et le modulateur 121 qui réfléchit le faisceau 111 modulé deux fois vers l'échantillon.

25 Ainsi, le polariseur 120 est orienté selon un axe y et le modulateur 121 est orienté dans un plan x-y selon une direction formant un angle α_3 avec l'axe x, α_3 étant égal à 45° . Le système de couplage 161 est quant à lui orienté selon l'axe x, de manière à permettre un retour du faisceau incident 110 parallèlement à l'aller. Le miroir 162 renvoie avantageusement le faisceau 111 selon l'axe y
30 perpendiculaire à x.

Le modulateur 121 est avantageusement un modulateur électro-optique (cellule de Pockels). Un tel modulateur 121 permet une commande externe de déphasage et autorise une bande passante dépassant 100 MHz.

Le modulateur de phase 121 peut également être un modulateur photoélastique, on obtient alors une gamme de longueurs d'onde étendue et une grande fenêtre optique.

Avantageusement, la source lumineuse émet des faisceaux laser 113, 114
5 à plusieurs longueurs d'onde. L'ellipsomètre comprend alors un miroir 126 mobile permettant de sélectionner la longueur d'onde désirée.

Le bras de sortie représenté à la Figure 4 comprend avantageusement un séparateur 130 de faisceaux séparant le faisceau de mesure en au moins quatre faisceaux secondaires 116-119. Il comprend également des analyseurs de
10 polarisation 136-139 donnant à chacun de ces faisceaux secondaires 116-119, un état de polarisation distinct et des photodétecteurs 131-134 détectant respectivement les intensités I1 à I4 des faisceaux secondaires 116-119. A titre d'exemple, les faisceaux secondaires 116-119 étant au nombre de quatre, les analyseurs de polarisation 136-139 associés sont respectivement rien, un
15 polariseur linéaire à 90° , un polariseur linéaire à -45° et l'association d'une lame quart d'onde à 45° et d'un polariseur à 90° .

Cet ellipsomètre de Mueller permet le contrôle des procédés selon l'invention. Toutefois, comme cela a été indiqué plus haut, de nombreux procédés peuvent être contrôlés avec un montage ellipsométrique simplifié, dit
20 intermédiaire. On peut ainsi, par exemple, utiliser un modulateur couplé dans le bras d'entrée ou encore un modulateur de phase unique en entrée et un polarimètre en sortie, chacune de ces configurations permettant la mesure de plus de deux coefficients liés à la matrice de Mueller.

On propose alors de contrôler en temps réel un procédé d'élaboration de
25 couches minces (dépôt ou gravure) à partir de la mesure cinétique de combinaisons ou fonctions de ces éléments, autres que les deux angles ellipsométriques « conventionnels » ψ et Δ (ou de combinaisons ou fonctions trigonométriques de ceux-ci).

On peut ainsi, dans ce deuxième mode de réalisation, en utilisant des
30 configurations intermédiaires, obtenir les mesures suivantes :

- avec seulement un modulateur couplé en entrée, c'est-à-dire en mesurant directement l'énergie du flux lumineux réfléchi par l'échantillon, on obtient les coefficients de la 1^{ère} ligne de la matrice de Mueller M ;
- avec un modulateur couplé en entrée et un analyseur en sortie, on peut
35 obtenir des combinaisons linéaires des lignes de la matrice de Mueller M, par

exemple, la somme des deux premières lignes lorsque l'analyseur est orienté sous l'angle $A = 0$, et la somme de la première et de la troisième lorsque son orientation est $A = 45^\circ$;

- 5 - avec un modulateur simple en entrée et un polarimètre en sortie, on obtient des combinaisons linéaires des colonnes de la matrice de Mueller M dépendant de l'orientation du modulateur d'entrée.

Dans le deuxième mode de réalisation de l'invention, on peut aussi utiliser un ellipsomètre à modulation de phase classique qui peut permettre la mesure simultanée de deux éléments de la matrice de Mueller de la manière
10 suivante : la mesure de la matrice de Mueller normalisée ($m_{00} = 1$, les 15 autres paramètres de la matrice sont inconnus) par ellipsométrie conventionnelle (on suppose partout que l'orientation du polariseur est $P = 45^\circ$), on obtient :

1. Dans la configuration classique Polariseur-Modulateur-Echantillon-Analyseur (AMSP), on peut mesurer les trois premières lignes de la matrice
15 (donc $12-1 = 11$ paramètres), en combinant les orientations du modulateur $M_0 = 0^\circ$ (ou $M_0 = 90^\circ$) avec les quatre orientations de l'analyseur ($A = 0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, -45^\circ$) d'une part, et $M_0 = 45^\circ$ (ou -45°) d'autre part. Cela fait donc 8 configurations de mesure au total (chaque configuration nous apporte deux grandeurs mesurées).

20 2. En inversant le sens de propagation de la lumière, ce qui correspond à de très nombreuses réalisations actuelles des ellipsomètres (Polariseur-Echantillon-Modulateur-Analyseur), on est dans la configuration ASMP dans laquelle on est capable de mesurer le transpose de la matrice M, c'est-à-dire les trois premières colonnes (11 éléments) par le même nombre de configurations
25 de mesure (8). Cependant, si on a déjà fait les mesures dans 1., il suffira de 4 configurations supplémentaires (et non plus huit), par exemple à $M_0 = 0^\circ$ (ou 90°) pour compléter la matrice jusqu'à 14 éléments mesurés. En conclusion, on peut mesurer tous les éléments sauf un (14 au total) de la matrice M normalisée en passant par 12 configurations et en inversant une fois le sens du faisceau
30 (bien sûr, si l'on pouvait mesurer la réflectivité en plus, on aurait pu ne pas normaliser la matrice et ainsi déterminer 15 des 16 éléments, mais il y aura toujours un élément manquant m_{33}). La surdétermination des paramètres (24 grandeurs mesurées pour 14 éléments) peut être utilisée pour former des moyennes.

Les procédés d'élaboration visés ici sont essentiellement le dépôt plasma de couches minces et de structures multicouches ou à gradients de composition (filtres optiques), ou bien la gravure (plasma) de composants micro-électroniques. Plus généralement, la méthode de contrôle proposée peut
5 s'appliquer à d'autres procédés d'élaboration utilisant des gaz ou des composés métallorganiques (CVD : Chemical Vapor Deposition et MOCVD) ou se généraliser à des procédés basés sur l'utilisation de sources ou cibles solides (pulvérisation cathodique, évaporation sous vide, épitaxie par jet moléculaire...). Dans ce dernier cas, la contre-réaction à partir des mesures ellipsométriques
10 n'est pas effectuée sur une gestion de gaz, mais sur d'autres paramètres de contrôle (courants, température...).

L'installation de fabrication comprend une chambre à plasma 1 dans laquelle est placé le substrat 2 qui est, par exemple, l'élément d'origine de la plaquette de semi-conducteurs à fabriquer. Ce substrat est fixé sur un support 3.
15 La pression dans la chambre à plasma 1 est obtenue par l'effet de la pompe 4, reliée à celle-ci par la canalisation 5. Le panneau de gaz 6 alimente par la canalisation 7, la chambre à plasma 1. Il est relié à des alimentations de gaz, respectivement 61 en azote N_2 , 62 en ammoniacque NH_3 , 63 en hydrogène H_2 , 64 en méthane CH_4 , 65 en hélium He , 66 en silane SiH_4 , 67 en oxygène O_2 ou en
20 oxyde d'azote N_2O .

Les entrées 62 à 65 sont chacune reliées à la canalisation 7 par l'intermédiaire d'un débitmètre 621, 631, 641, 651 et d'une vanne 622, 632, 642, 652.

L'alimentation en silane 66 est reliée à deux débitmètres 661 et 671 et
25 deux vannes 662 et 672.

Une évacuation 8 vers les égouts permet d'assurer le bon fonctionnement de ce panneau de gaz.

L'élaboration des couches sur le substrat 2 dans la chambre à plasma 1 est contrôlée à l'aide d'un ellipsomètre 9 composé d'une tête d'émission 91 et
30 d'un ensemble de réception 92.

La tête d'émission 91 comporte une source 911 reliée à une fibre optique 912 à un ensemble constitué d'un polariseur 913 et d'un modulateur de phase 914.

L'ensemble de réception 92 comporte un polariseur-analyseur 921 relié par une fibre optique 922 à un monochromateur 923 suivi d'un photodétecteur 924.

5 L'ellipsomètre 9 est contrôlé par une unité de traitement 93 commandée par un ordinateur 94.

L'unité de traitement 93 commande le polariseur 913 et le modulateur 914, respectivement par les liaisons électriques 931 et 932, et reçoit le signal du détecteur 924 par la liaison électrique 934. Sa liaison avec l'ordinateur 94 est assurée par la connexion électrique 95.

10 Le panneau de gaz 6 est contrôlé par une unité de traitement 10 à laquelle elle est reliée par les connexions 11. Cette unité de traitement 10 commande également par l'intermédiaire de la liaison 12, la pompe 4 et/ou la puissance du générateur de plasma. Elle est commandée par un micro-ordinateur 13 qui est lui-même relié au micro-ordinateur 94 par une liaison 14.

15 Ainsi, l'ellipsomètre 9 permet d'obtenir au travers de l'unité de traitement 93 et du micro-ordinateur 94, les caractéristiques physiques et chimiques de la couche en cours de dépôt sur le substrat 2. Ces informations sont comparées aux caractéristiques du produit à fabriquer (et éventuellement à leur variation en fonction du temps) qui ont été préalablement mises en mémoire
20 dans l'ordinateur 94.

Le résultat de cette comparaison commande par l'intermédiaire de la connexion 14, les instructions fournies par l'ordinateur 13 à l'unité de traitement 10 qui détermine la nature et la concentration des gaz introduits par le panneau de contrôle 6 dans la chambre à plasma 2.

25 On réalise ainsi un contrôle complet du processus de fabrication et donc une optimisation des produits ainsi fabriqués.

Comme il a été indiqué plus haut, la mesure des paramètres ψ et Δ traditionnellement accessible par les mesures ellipsométriques simplifiées se révèle souvent insuffisante ou mal adaptée, de telle sorte qu'il a été souvent
30 nécessaire de prévoir dans les dispositifs de l'art antérieur, sur le substrat 2, un emplacement spécialement destiné à des mesures de contrôle et perdu pour la fabrication.

L'unité de traitement 93 et l'ordinateur 94 sont programmés de telle sorte que le contrôle des propriétés de la couche déposée sur l'échantillon 2 puisse
35 être réalisé par un petit nombre de paramètres préalablement déterminés.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande de la fabrication d'un objet dans lequel:
 - on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller,
 - 5 - on contrôle en temps réel la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique,
 caractérisé en ce qu'on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller, adaptés à la caractérisation de la fabrication, et que seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication,
 - 10 lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.
2. Procédé de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fabrication est faite par dissociation de gaz et on la contrôle par un panneau de gaz.
- 15 3. Procédé de commande selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit objet est anisotrope.
4. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit objet est dépolarisant.
5. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une
20 quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des lignes de la matrice de Mueller.
6. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une
25 quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des colonnes de la matrice de Mueller.
7. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une
 quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'objet fabriqué est un composant semi-conducteur.
- 30 8. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 7, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une couche pendant son dépôt.
9. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la
 revendication 7, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une
35 couche pendant sa gravure.

10. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise la composition de la couche.

5 11. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise l'épaisseur de la couche.

12. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 2 et l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que le panneau de gaz alimente un réacteur à plasma.

10 13. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 2 et l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que le panneau de gaz contrôle des débits de gaz.

14. Installation de fabrication d'un objet au moyen comportant un ellipsomètre permettant la réalisation d'une mesure sur l'objet qui est représenté
15 par sa matrice de Mueller,

caractérisée en ce que l'ellipsomètre mesure, en temps réel, des paramètres préalablement déterminés, adaptés à la caractérisation de la fabrication, lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.

20 15. Installation de fabrication d'un objet selon la revendication 14, caractérisée en ce qu'elle est faite par dissociation de gaz.

16. Installation de fabrication d'un objet selon l'une des revendications 14 et 15, caractérisée en ce qu'il comporte un modulateur couplé en entrée.

25 17. Installation de fabrication d'un objet selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisée en ce qu'il comporte un polarimètre en sortie.

18. Installation de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisée en ce qu'il est adapté à la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

REVENDEICATIONS MODIFIEES

[reçues par le Bureau international le 03 novembre 1999 (03.11.99)
revendications 1-18 remplacées par les nouvelles revendications 1-20 modifiées (3 pages)]

1. Procédé de commande de la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant dans lequel:
- on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller,
 - on contrôle en temps réel la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique,
- caractérisé en ce qu'on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller, adaptés à la caractérisation de la fabrication, et que seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication, lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.
2. Procédé de commande de la fabrication d'un objet dans lequel:
- on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller,
 - on contrôle en temps réel la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique,
 - on mesure préalablement au moins trois coefficients liés à la matrice de Mueller,
 - on détermine au moins deux paramètres constitués de combinaisons ou de fonctions desdits coefficients adaptés à la caractérisation de la fabrication, lesdits paramètres étant autres que les angles ellipsométriques ψ et Δ et que les fonctions trigonométriques de ceux-ci, et
 - on extrait seulement lesdits paramètres de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication.
3. Procédé de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit objet est anisotrope.
4. Procédé de commande selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit objet est dépolarisant.

5. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit objet induit des phénomènes de diffraction.

5 6. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des lignes de la matrice de Mueller.

10 7. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des colonnes de la matrice de Mueller.

15 8. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'objet fabriqué est un composant semi-conducteur.

9. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 8, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une couche pendant son dépôt.

20 10. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 8, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une couche pendant sa gravure.

25 11. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise la composition de la couche.

30 12. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise l'épaisseur de la couche.

13. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la fabrication est faite par dissociation de gaz et on la contrôle par un panneau de gaz.

14. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 13, caractérisé en ce que le panneau de gaz alimente un réacteur à plasma.

5 15. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que le panneau de gaz contrôle des débits de gaz.

10 16. Installation de fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant comportant un ellipsomètre permettant la réalisation d'une mesure sur l'objet qui est représenté par sa matrice de Mueller,

15 caractérisé en ce que l'ellipsomètre mesure, en temps réel, des paramètres préalablement déterminés, adaptés à la caractérisation de la fabrication, lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.

17. Installation de fabrication d'un objet selon la revendication 16, caractérisée en ce qu'elle est faite par dissociation de gaz.

20 18. Installation de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 16 et 17, caractérisé en ce qu'elle comporte un modulateur couplé en entrée.

19. Installation de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisée en ce qu'elle comporte un polarimètre en sortie.

25 20. Installation de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisée en ce qu'elle est adaptée à la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.

DECLARATION SELON L'ARTICLE 19**I Revendication 1 modifiée**

Cette revendication diffère de l'ancienne revendication 1 en ce qu'il est spécifié que l'objet considéré est *anisotrope et/ou dépolarisant*. Le procédé de commande ainsi modifié est supporté par l'ensemble de la description, et en particulier page 5, ligne 32.

II Nouvelle revendication 2

Cette revendication spécifie le procédé utilisé, en distinguant trois étapes. Ainsi, le procédé de commande est caractérisé en ce que:

- *on mesure préalablement au moins trois coefficients liés à la matrice de Mueller,*
- *on détermine au moins deux paramètres constitués de combinaisons de fonctions de ces coefficients, adaptés à la caractérisation de la fabrication, ces paramètres étant autres que les deux angles*

ellipsométriques ψ et Λ et que les fonctions trigonométriques de ceux-ci, et

- *on extrait seulement lesdits paramètres de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication.*

Cette revendication est supportée par l'ensemble de la description, et l'on renvoie en particulier aux passages suivants:

- a) La technique de mesure préalable de coefficients liés à la matrice de Mueller, suivie de la détermination de paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication et de l'utilisation exclusive de ces paramètres pendant la fabrication, est exposée dans toute la description; on peut se référer notamment aux passages page 4, ligne 34 à page 5, ligne 5, page 5, lignes 13-22 et page 10, lignes 24-28.
- b) Le fait qu'on mesure préalablement *au moins trois* coefficients liés à la matrice de Mueller apparaît explicitement page 10, lignes 20-23 (« plus de deux coefficients liés à la matrice de Mueller »); les exemples donnés dans la description divulgue ainsi la mesure préalable de tous les coefficients de la matrice de Mueller (page 5, lignes 13-15, page 8, lignes 15-17), d'une partie seulement de ces coefficients grâce au savoir-faire des opérateurs (page 5, lignes 23-25), de cinq de ces coefficients (page 7, ligne 1 à page 8, ligne 2), de quatorze d'entre eux (page 11, lignes 27-29) ou de quinze d'entre eux (page 11, lignes 30-32).
- c) Le fait que les paramètres utilisés en temps réel pendant la fabrication soient *au moins deux paramètres constitués de combinaisons ou de fonctions* des coefficients mesurés préalablement est énoncé dans la description page 4, ligne 34 à page 5, ligne 4, page 5, lignes 13-22, page 8, lignes 10-13 et page 10, lignes 24-28; les exemples divulgués exposent ainsi les cas où

les paramètres utilisés sont en nombre inférieur aux coefficients de la matrice de Mueller (page 5, lignes 15-20), sont au nombre de quatre (page 10, lignes 31-33 à page 11, ligne 6) ou de deux (page 11, lignes 7-34).

La revendication 2 est donc bien supportée par la description.

III Revendication 5

Celle-ci spécifie que *l'objet induit des phénomènes de diffraction*, cette caractéristique étant mentionnée page 4, lignes 6 à 10.

IV Revendication 16

Cette revendication diffère de l'ancienne revendication 14 par la précision selon laquelle l'objet considéré est *anisotrope et/ou dépolarisant*. Cette caractéristique est énoncée dans la description, comme indiqué pour la revendication 1.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

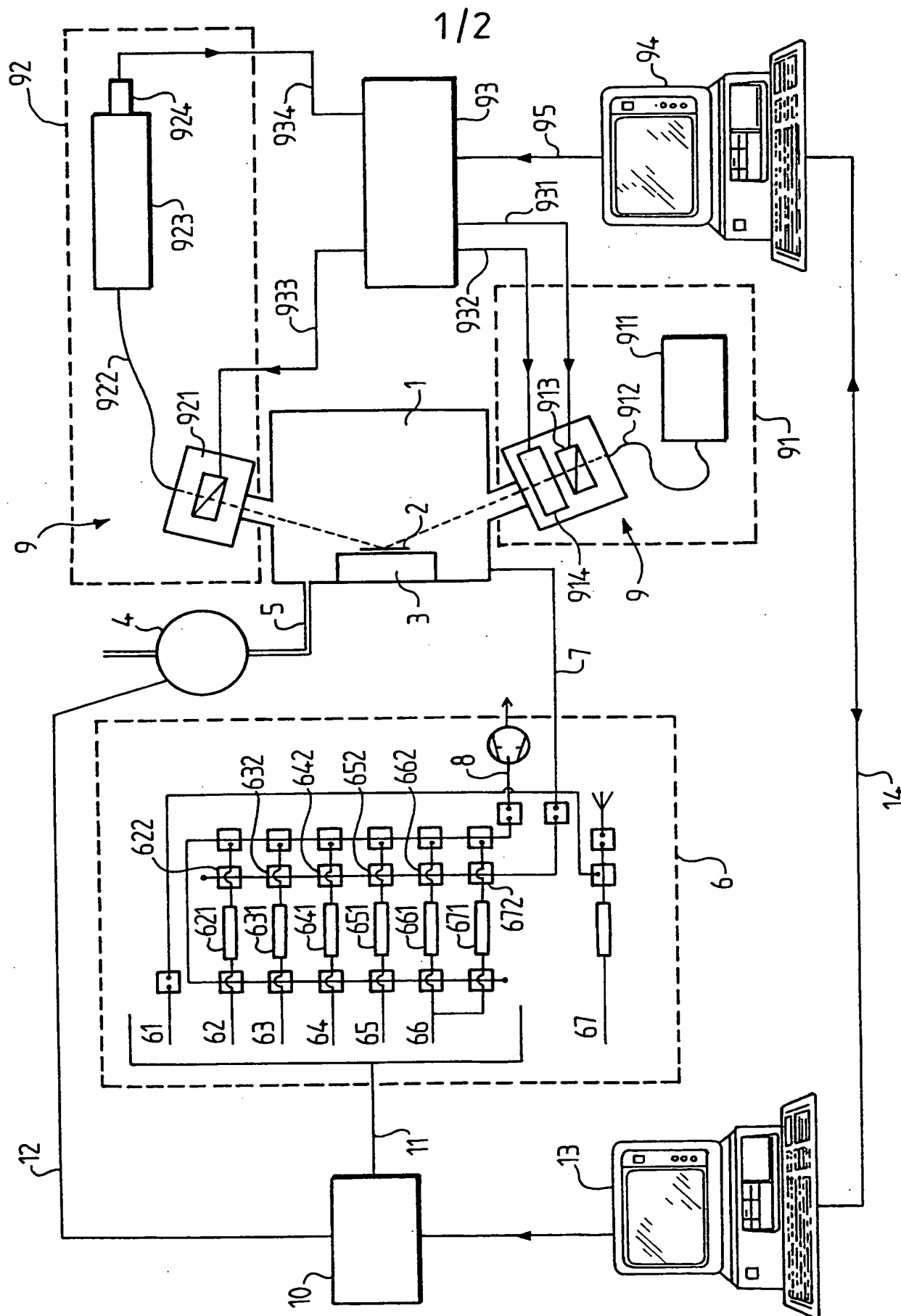


FIG. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/2

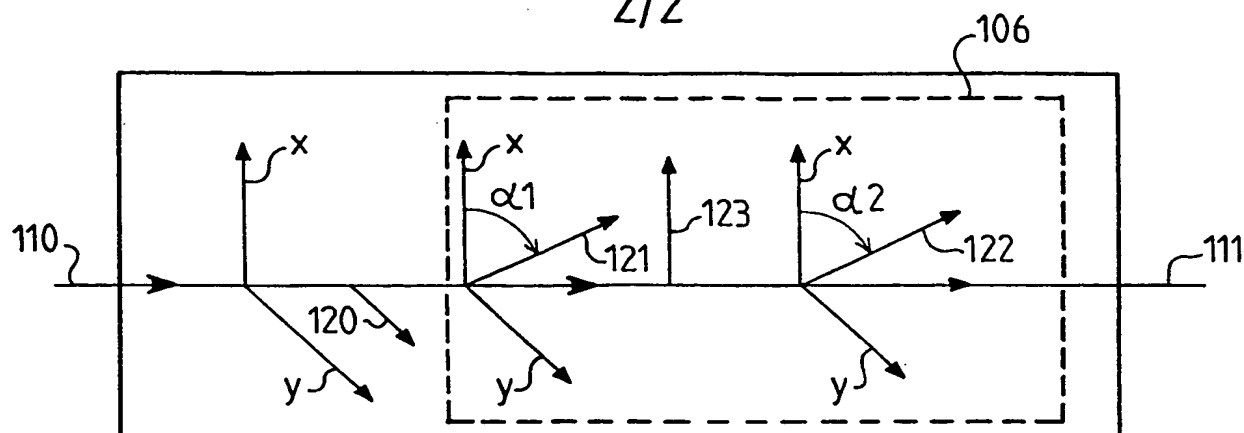


FIG. 2

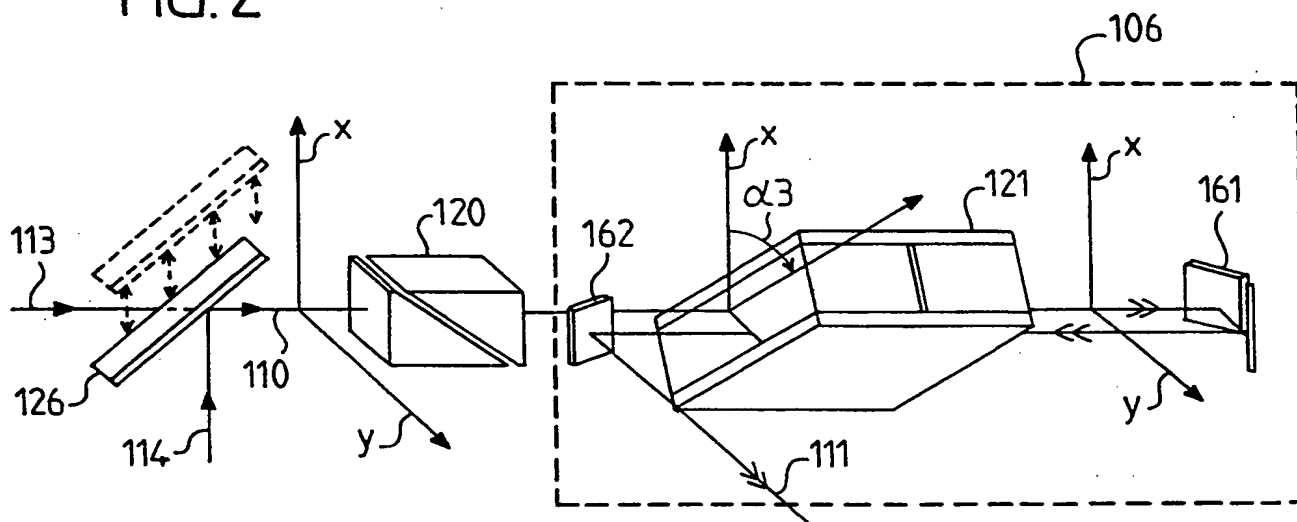


FIG. 3

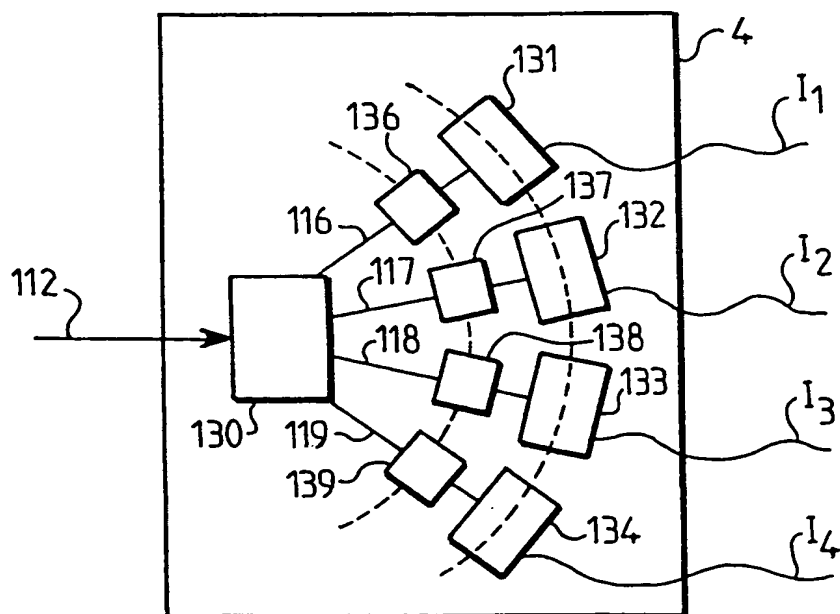


FIG. 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/01394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01B11/06 G01N21/21 C30B25/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01B G01N C30B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 731 074 A (INSTRUMENTS SA) 30 August 1996 (1996-08-30)	1, 3, 5, 7-12, 14
Y	page 1, line 7 - line 11 page 1, line 12 - line 17 page 3, line 1 - line 17 page 6, line 19 - line 22 page 9, line 15 - line 33 page 11, line 25 - page 12, line 30 page 14, line 21 - line 29; figure 1 ---	2, 4, 6, 13, 15-18
Y	US 5 277 747 A (ASPNES DAVID E) 11 January 1994 (1994-01-11) cited in the application column 1, line 37 - line 61 column 6, line 7 - line 24; figure 1 --- -/--	2, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 August 1999

Date of mailing of the international search report

03/09/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Navas Montero, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ternational Application No

PCT/FR 99/01394

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 755 254 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 30 April 1998 (1998-04-30) page 1, line 10 - line 19 page 1, line 33 - page 2, line 2 page 11, line 1 - line 21 page 14, line 7 - page 15, line 28 -----	4,15-18
Y	SHIUH CHAO ET AL: "POLARIZED LIGHT SCATTERING BY SILICON OXIDE THIN FILM EDGE ON SILICON: AN EXPERIMENTAL APPROACH FOR THIN FILM THICKNESS DETERMINATION" MEASUREMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 1, no. 11, 1 November 1990 (1990-11-01), pages 1237-1243, XP000170766 page 1238, left-hand column, line 32 - right-hand column, line 5 -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/01394

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2731074 A	30-08-1996	JP 2746865 B JP 9015140 A US 5666200 A	06-05-1998 17-01-1997 09-09-1997
US 5277747 A	11-01-1994	CA 2144092 A,C EP 0662215 A JP 2873741 B JP 8501391 T WO 9407124 A	31-03-1994 12-07-1995 24-03-1999 13-02-1996 31-03-1994
FR 2755254 A	30-04-1998	EP 0870180 A WO 9819142 A	14-10-1998 07-05-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

1de internationale No

PCT/FR 99/01394

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 6 G01B11/06 G01N21/21 C30B25/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01B G01N C30B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 731 074 A (INSTRUMENTS SA) 30 août 1996 (1996-08-30)	1,3,5, 7-12,14
Y	page 1, ligne 7 - ligne 11 page 1, ligne 12 - ligne 17 page 3, ligne 1 - ligne 17 page 6, ligne 19 - ligne 22 page 9, ligne 15 - ligne 33 page 11, ligne 25 - page 12, ligne 30 page 14, ligne 21 - ligne 29; figure 1 ---	2,4,6, 13,15-18
Y	US 5 277 747 A (ASPNES DAVID E) 11 janvier 1994 (1994-01-11) cité dans la demande colonne 1, ligne 37 - ligne 61 colonne 6, ligne 7 - ligne 24; figure 1 --- -/--	2,13

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 août 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/09/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Navas Montero, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D... nce internationale No

PCT/FR 99/01394

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 755 254 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 30 avril 1998 (1998-04-30) page 1, ligne 10 - ligne 19 page 1, ligne 33 - page 2, ligne 2 page 11, ligne 1 - ligne 21 page 14, ligne 7 - page 15, ligne 28 -----	4, 15-18
Y	SHIUH CHAO ET AL: "POLARIZED LIGHT SCATTERING BY SILICON OXIDE THIN FILM EDGE ON SILICON: AN EXPERIMENTAL APPROACH FOR THIN FILM THICKNESS DETERMINATION" MEASUREMENT SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 1, no. 11, 1 novembre 1990 (1990-11-01), pages 1237-1243, XP000170766 page 1238, colonne de gauche, ligne 32 - colonne de droite, ligne 5 -----	6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

ide internationale No

PCT/FR 99/01394

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2731074 A	30-08-1996	JP 2746865 B	06-05-1998
		JP 9015140 A	17-01-1997
		US 5666200 A	09-09-1997
US 5277747 A	11-01-1994	CA 2144092 A,C	31-03-1994
		EP 0662215 A	12-07-1995
		JP 2873741 B	24-03-1999
		JP 8501391 T	13-02-1996
		WO 9407124 A	31-03-1994
FR 2755254 A	30-04-1998	EP 0870180 A	14-10-1998
		WO 9819142 A	07-05-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITÉ DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 11 février 2000 (11.02.00)	
Demande internationale no PCT/FR99/01394	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 320J PCT 382
Date du dépôt international (jour/mois/année) 11 juin 1999 (11.06.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 16 juin 1998 (16.06.98)
Déposant DREVILLON, Bernard	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒

dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

06 janvier 2000 (06.01.00)

☐

dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection

☒

a été faite

☐

n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé Philippe Bécamel no de téléphone: (41-22) 338.83.38
--	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITEMENT DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION DE L'ENREGISTREMENT
D'UN CHANGEMENT(règle 92bis.1 et
instruction administrative 422 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

PHILIP, Bruno
Cabinet Harlé & Phélip
7, rue de Madrid
F-75008 Paris
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 11 février 2000 (11.02.00)	NOTIFICATION IMPORTANTE
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 320J PCT 382	
Demande internationale no PCT/FR99/01394	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11 juin 1999 (11.06.99)

1. Les renseignements suivants étaient enregistrés en ce qui concerne:

☐ le déposant ☐ l'inventeur ☒ le mandataire ☐ le représentant commun

Nom et adresse MICHELET, Alain Cabinet Harlé & Phélip 7, rue de Madrid F-75008 Paris FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat)	Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 33 1 53 04 64 64	
	no de télécopieur 33 1 53 04 64 00	
	no de télécopieur	

2. Le Bureau international notifie au déposant que le changement indiqué ci-après a été enregistré en ce qui concerne:

☒ la personne ☐ le nom ☐ l'adresse ☐ la nationalité ☐ le domicile

Nom et adresse PHELIP, Bruno Cabinet Harlé & Phélip 7, rue de Madrid F-75008 Paris FRANCE	Nationalité (nom de l'Etat)	Domicile (nom de l'Etat)
	no de téléphone 33 1 53 04 64 64	
	no de télécopieur 33 1 53 04 64 00	
	no de télécopieur	

3. Observations complémentaires, le cas échéant:

Le nom du mandataire a été changé selon la règle 92bis en fonction de la demande d'examen préliminaire. En cas de désaccord veuillez contacter le bureau international.

4. Une copie de cette notification a été envoyée:

☒ à l'office récepteur ☐ aux offices désignés concernés
☐ à l'administration chargée de la recherche internationale ☒ aux offices élus concernés
☒ à l'administration chargée de l'examen préliminaire international ☐ autre destinataire:

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé: Philippe Bécamel no de téléphone (41-22) 338.83.38
---	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAIN DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA COMMUNICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

MICHELET, Alain
Cabinet Harlé & Phélip
7, rue de Madrid
F-75008 Paris
FRANCE

30 DEC 1999

527

Date d'expédition (jour/mois/année) 23 décembre 1999 (23.12.99)		
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 320J PCT 382		
AVIS IMPORTANT		
Demande internationale no PCT/FR99/01394	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11 juin 1999 (11.06.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 16 juin 1998 (16.06.98)
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE etc		

1. Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:

AU,CN,EP,IL,JP,KP,KR,US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

2. Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:

AE,AL,AM,AP,AT,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,CA,CH,CU,CZ,DE,DK,EA,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,
HU,ID,IN,IS,KE,KG,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MD,MG,MK,MN,MW,MX,NO,NZ,OA,PL,PT,RO,RU,
SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1a-bis)).

3. Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le 23 décembre 1999 (23.12.99) sous le numéro WO 99/66286

RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2a) et règle 54.2)

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la demande d'examen préliminaire international doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse	Fonctionnaire autorisé J. Zahra
no de télécopieur (41-22) 740.14.35	no de téléphone (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 320J PCT 382	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR99/01394	International filing date (day/month/year) 11 June 1999 (11.06.99)	Priority date (day/month/year) 16 June 1998 (16.06.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G01B 11/06		
Applicant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 6 sheets, including this cover sheet.
- ☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 2 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 06 January 2000 (06.01.00)	Date of completion of this report 28 September 2000 (28.09.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/01394

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-13, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages _____, filed with the letter of _____,
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 1-19, filed with the letter of 24 May 2000 (24.05.2000),
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/2, 2/2, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 99/01394

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Reference is made to the following documents:

D1 = FR-A-2 731 074

D2 = US-A-5 277 747

D3 = FR-A-2 755 254

D4 = Shih Chao et Al: "Polarized light scattering by silicon oxide thin film edge on silicon: an experimental approach for thin film thickness determination" Measurement Science and Technology, vol. 1 (1990), no. 11, pages 1237-1243, XP000170766

1. Technical Field

The present invention relates to a method and device for controlling the production of an anisotropic and/or depolarising object.

2. Novelty

Independent Claims 1 and 15

Document D1 does not disclose the following feature: (1) "method for controlling the production of/manufacturing installation for an anisotropic and/or depolarising object". Said document describes a method involving specular reflection (see page 12, lines 11-30). Said specular reflection is not suitable for the production of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

an anisotropic and/or depolarising object.

Moreover, document D1 does not describe the following features either: **(2)** "selected Mueller matrix parameters suitable for characterising the production of an anisotropic and/or depolarising object are determined beforehand, and **(3)** "only these parameters are extracted from the ellipsometry measurement during the production of said anisotropic and/or depolarising object".

Document D2 does not disclose the following feature: **(4)** "selected Mueller matrix parameters are determined beforehand". Said document discloses a teaching which involves the use of trigonometric functions of the ellipsometry parameters, but no reference is made to the use of the Mueller matrix parameters or to determining same in relation to the production of an anisotropic and/or depolarising object.

Documents D3 and D4 do not contain features **(3)** and **(4)** either. Said documents propose using all of the 16 Mueller matrix components to carry out measurements of the ellipsometry parameters.

The subject matter of Claims 1 and 15 therefore meets the PCT requirements with regard to novelty (PCT Article 33(2)).

3. Inventive step

The problem which the present application aims to solve is that of controlling the production of an anisotropic and/or depolarising object in real time. The solution proposed in independent Claims 1 and 15 comprises determining, prior to carrying out the method, a number of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Mueller matrix parameters suitable for characterising the production of an anisotropic and/or depolarising object and extracting only these parameters from the ellipsometry measurements.

None of the documents cited in the search report proposes a solution to the problem addressed in the present application.

The solution proposed in the independent claims of the present application therefore meets the PCT requirements of inventive step (PCT Article 33(3)).

4. Dependent Claims

Claims 2-14 and 16-19 also meet, as such, the PCT requirements with respect to novelty and inventive step.

5. Industrial applicability

The application as defined in Claims 1-19 is undoubtedly industrially applicable.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

- i) Documents D1, D3 and D4 have not been cited in the description (PCT Rule 5.1(a)(ii)).
- ii) The description has not been brought into conformity with the amended independent device claim (PCT Article 6 and PCT Rule 5.1(a)(iii)).
- iii) Reference signs have not been introduced in the claims to facilitate the understanding thereof (PCT Rule 26.2(b)).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

i) The expressions "selected parameters are determined beforehand", "three coefficients are measured beforehand" and "parameters determined beforehand", used in Claims 1 and 16 are ambiguous and cast a doubt as to the meaning of the technical features to which they refer, since it is unclear whether the word "beforehand" refers to the ellipsometry measurement or to the production of the object.

The subject matter of said claims has therefore not been clearly defined (PCT Article 6).

ii) As stated below, a number of features appearing in device Claim 16 serve to specify the method for using the device rather than to define clearly said device in terms of technical features. The limitations intended by these features do not therefore clearly appear from said claim, contrary to the requirements of PCT Article 6.

This applies, in particular, to the following features:

- "the ellipsometer measures, in real time, parameters determined beforehand".

iii) The sentence "said parameters being Mueller matrix parameters suitable for the production...", in independent device Claim 15 is too vague to correspond to independent method Claim 1 in so far as, according to Claim 1, the Mueller parameters are suitable for characterising the production, and not only for the production.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 320J PCT 382	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/01394	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11/06/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 16/06/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB G01B11/06		
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.



2. Ce RAPPORT comprend 6 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.

☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 2 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☒ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☒ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 06/01/2000	Date d'achèvement du présent rapport 28.09.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Grand, J-Y N° de téléphone +49 89 2399 2472 

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01394

I. Base du rapport

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

Description, pages:

1-13 version initiale

Revendications, N°:

1-19 reçue(s) le 27/05/2000 avec la lettre du 24/05/2000

Dessins, feuilles:

1/2,2/2 version initiale

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, n°s :
- ☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01394

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications

2. Citations et explications

voir feuille séparée

VII. Irrégularités dans la demande internationale

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :

voir feuille séparée

VIII. Observations relatives à la demande internationale

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :

voir feuille séparée

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Concernant le point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration.

Il est fait référence aux documents suivants:

D1 = FR-A-2 731 074

D2 = US-A-5 277 747

D3 = FR-A-2 755 254

D4 = Shiu Chao et Al: "Polarized light scattering by silicon oxide thin film edge on silicon: an experimental approach for thin film thickness determination"

Measurement Science and Technology, vol. 1 (1990), no. 11, pages 1237-1243,
XP000170766

1. Domaine technique

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de commande de la fabrication objet anisotrope et/ou dépolarisant.

2. Nouveauté

Revendications indépendantes 1 et 15

Le document D1 ne révèle pas la caractéristique; **(1)** "procédé de commande de la fabrication / installation de fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant". Ce document décrit une méthode qui implique une réflexion spéculaire (voir p. 12, l. 11-30), cette réflexion spéculaire n'étant pas adaptée à la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant.

D'autre part, le document D1 ne décrit pas non plus le fait que; **(2)** "l'on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller qui sont adaptés à la caractérisation de la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant", et que **(3)** "seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant".

Le document D2 ne révèle pas la caractéristique; **(4)** "on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller". Ce document divulgue un enseignement qui implique l'utilisation de fonctions trigonométriques des paramètres ellipsométriques, mais il ne fait pas référence à l'exploitation de paramètres de la matrice de Mueller ni à leur détermination par rapport à la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Les documents D3 et D4 ne contiennent pas non plus les caractéristiques (3) et (4). Ces documents proposent une exploitation complète, c'est à dire une exploitation des 16 éléments de la matrice de Mueller pour la réalisation de mesures des paramètres ellipsométriques.

L'objet des revendications 1 et 15 satisfait donc aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne la nouveauté (cf. article 33(2) PCT).

3. Activité inventive

Le problème que se propose de résoudre la présente demande est de permettre le contrôle de la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant en temps réel.

La solution proposée dans les revendications indépendantes 1 et 15 consiste à déterminer préalablement à la mise en oeuvre du procédé certains paramètres de la matrice de Mueller adaptés à la caractérisation de la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant et que seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique.

Aucun des documents cités dans le rapport de recherche ne propose de résoudre le problème posé par la présente demande.

La solution proposée dans les revendications indépendantes de la présente demande satisfait donc aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne l'activité inventive (cf. article 33(3) PCT).

4. Revendications dépendantes

Les revendications 2-14 et 16-19 satisfont également, en tant que telles, aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne la nouveauté et l'activité inventive.

5. Possibilité d'application industrielle

Sans aucun doute la demande comme définie dans les revendications 1-19 est industriellement applicable.

Concernant le point VIII

Observations relatives à la demande internationale.

i) Les expressions "on détermine préalablement certains paramètres", "on mesure préalablement au moins trois coefficients" et "des paramètres préalablement

THIS PAGE BLANK (USPTO)

déterminés" utilisées dans les revendications 1 et 16 sont équivoques et laissent un doute quant à la signification des caractéristiques techniques auxquelles elles se réfèrent car il n'est pas clair si le mot "préalablement" se réfère à la mesure ellipsométrique ou bien à la fabrication de l'objet.

L'objet desdites revendications n'est donc pas clairement défini (cf. article 6 PCT).

ii) Comme exposé ci-dessous, certaines caractéristiques énoncées dans la revendication de dispositif 16 servent plus à expliciter le mode d'utilisation du dispositif qu'à définir clairement le dispositif en termes de caractéristiques techniques. Les limitations que l'on entend définir par ces caractéristiques ne ressortent donc pas clairement de cette revendication, contrairement à ce qui est exigé à l'article 6 PCT. En particulier, les caractéristiques suivantes ont concernées:

- "l'ellipsomètre mesure, en temps réel, des paramètres préalablement déterminés".

iii) La phrase "lesdits paramètres étant des paramètres de la matrice de Mueller adaptés à la fabrication" dans la revendication indépendante de dispositif 15 est imprécise pour correspondre à la revendication indépendante de méthode 1 en ce sens que selon la revendication 1, les paramètres de Mueller sont adaptés à la caractérisation de la fabrication et non pas seulement à la fabrication.

Concernant le point VII

Irrégularités dans la demande internationale.

i) Les documents D1, D3 et D4 ne sont pas cités dans la description (cf. règle 5.1 (a)(ii) PCT).

ii) La description n'a pas été rendue conforme à la revendication indépendante de dispositif modifiée (cf. article 6 PCT et règle 5.1(a)(iii) PCT).

iii) Des signes de référence n'ont pas été introduit dans les revendications afin de faciliter leur compréhension (cf. règle 26.2(b) PCT).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

M 27 05 00
14REVENDICATIONS

1. Procédé de commande de la fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant dans lequel:

5 - on fait une mesure ellipsométrique sur l'objet représenté par sa matrice de Mueller,

 - on contrôle en temps réel la fabrication en fonction de la mesure ellipsométrique,

10 caractérisé en ce qu'on détermine préalablement certains paramètres de la matrice de Mueller, adaptés à la caractérisation de la fabrication, et que seuls ces paramètres sont extraits de la mesure ellipsométrique pendant la fabrication, lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques Ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci.

2. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit objet est anisotrope.

15 3. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit objet est dépolarisant.

4. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit objet induit des phénomènes de diffraction.

20 5. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des lignes de la matrice de Mueller.

25 6. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les paramètres adaptés à la caractérisation de la fabrication sont une combinaison linéaire des colonnes de la matrice de Mueller.

7. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'objet fabriqué est un composant semi-conducteur.

30 8. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 7, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une couche pendant son dépôt.

35 9. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 7, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise une couche pendant sa gravure.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

N 27 05 00
15

10. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise la composition de la couche.

5 11. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que la mesure ellipsométrique caractérise l'épaisseur de la couche.

12. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la fabrication est faite par dissociation de gaz et on la contrôle par un panneau de gaz.

10 13. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon la revendication 2, caractérisé en ce que le panneau de gaz alimente un réacteur à plasma.

15 14. Procédé de commande de la fabrication d'un objet selon l'une des revendications 2 ou 13, caractérisé en ce que le panneau de gaz contrôle des débits de gaz.

15. Installation de fabrication d'un objet anisotrope et/ou dépolarisant comportant un ellipsomètre permettant la réalisation d'une mesure sur l'objet qui est représenté par sa matrice de Mueller,

20 caractérisée en ce que l'ellipsomètre mesure, en temps réel, des paramètres préalablement déterminés, adaptés à la caractérisation de la fabrication, lesdits paramètres étant au moins deux paramètres différents des angles ellipsométriques Ψ et Δ et des fonctions trigonométriques de ceux-ci, lesdits paramètres étant des paramètres de la matrice de Mueller adaptés à la fabrication.

25 16. Installation de fabrication d'un objet selon la revendication 15, caractérisée en ce qu'elle est faite par dissociation de gaz.

17. Installation de fabrication d'un objet selon l'une des revendications 15 et 16, caractérisée en ce qu'elle comporte un modulateur couplé en entrée.

30 18. Installation de fabrication d'un objet selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisée en ce qu'elle comporte un polarimètre en sortie.

19. Installation de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisée en ce qu'elle est adaptée à la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

CLAIMS

1. A method of controlling the manufacture of an object in which:

- the object represented by its Mueller matrix is measured ellipsometrically,
- 5 - the manufacture is controlled in real-time in relation to the ellipsometric measurement,

characterised in that certain parameters of the Mueller matrix are determined beforehand, parameters suited to the characterisation of the manufacture and only these parameters are extracted from ellipsometric measurement during manufacture, 10 whereas the said parameters are at least two different parameters of the ellipsometric angles Ψ and Δ and of the trigonometric functions of the said angles.

2. A control method according to claim 1, characterised in that the manufacture is carried out by gas dissociation and it is controlled by a gas panel.

3. A control method according to any of the claims 1 or 2, characterised in that 15 the said object is anisotropic.

4. A control method according to any of the claims 1 to 3, characterised in that the said object is depolarising.

5. A method of controlling the manufacture of an object according to any of the claims 1 to 4, characterised in that the parameters suited to the characterisation of the 20 manufacture are a linear combination of the lines of the Mueller matrix.

6. A method of controlling the manufacture of an object according to any of the claims 1 to 4, characterised in that the parameters suited to the characterisation of the manufacture are a linear combination of the columns of the Mueller matrix.

7. A method of controlling the manufacture of an object according to any of the 25 claims 1 to 6, characterised in that the object manufactured is a solid-state component.

8. A method of controlling the manufacture of an object according to claim 7, characterised in that the ellipsometric measurement characterises a layer during deposit.

30 9. A method of controlling the manufacture of an object according to claim 7, characterised in that the ellipsometric measurement characterises a layer during engraving.

10. A method of controlling the manufacture of an object according to any of the claims 8 and 9, characterised in that the ellipsometric measurement characterises 35 the composition of the layer.

REPLACED BY
ART 34 AMDT

THIS PAGE BLANK (USPTO)

11. A method of controlling the manufacture of an object according to any of the claims 8 and 9, characterised in that the ellipsometric measurement characterises the thickness of the layer.

5 12. A method of controlling the manufacture of an object according to claim 2 and to any of the claims 2 to 11, characterised in that the gas panel supplies a plasma reactor.

13. A method of controlling the manufacture of an object according to claim 2 and to any of the claims 2 to 11, characterised in that the gas panel controls gas flow-rates.

10 14. An installation for making an object using an ellipsometer enabling measuring an object that is represented by its Mueller matrix,

characterised in that the ellipsometer measures, in real-time, parameters determined beforehand, suited to the characterisation of the manufacture, whereby the said parameters are at least two different in number from the ellipsometric angles Ψ and Δ and from the trigonometric functions of the said angles.

15 15. An installation for manufacturing an object according to claim 14, characterised in that it is conducted by gas dissociation.

16. An installation for manufacturing an object to any of the claims 14 and 15, characterised in that it comprises a coupled modulator at input.

20 17. An installation for manufacturing an object to any of the claims 14 to 16, characterised in that it comprises a polarimeter at output.

18. An installation for manufacturing an object to any of the claims 14 to 17, characterised in that it is suited to the implementation of the method according to any of the claims 1 to 13.

REPLACED BY
ART 34 AMDT

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 320J PCT 382	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 99/ 01394	Date du dépôt international (jour/mois/année) 11/06/1999	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 16/06/1998
Déposant CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la langue, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

☐ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☒ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

PROCEDE ELLIPSOMETRIQUE ET DISPOSITIF DE COMMANDE DE LA FABRICATION D'UN COMPOSANT EN COUCHE MINCE

5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

1

☐ Aucune des figures n'est à publier.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)